



0370

SS 10-24-01

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT: YOSHIHIRO MORIMOTO, ET AL. )  
SERIAL NO.: 09/820,140 ) Group Art Unit:  
FILED: March 28, 2001 ) Examiner:  
FOR: SEMICONDUCTOR DEVICE AND )  
METHOD OF PRODUCING THE SAME )

CLAIM FOR PRIORITY

The Assistant Commissioner for  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of the Japanese Patent Application No. 2000-094535 filed on March 30, 2000. The enclosed Application is directed to the invention disclosed and claimed in the above-identified application.

Applicants hereby claim the benefit of the filing date of March 30, 2000 of the Japanese Patent Application No. 2000-094535, under provisions of 35 U.S.C. 119 and the International Convention for the protection of Industrial Property.

Respectfully submitted,

YOSHIHIRO MORIMOTO, ET AL.

CANTOR COLBURN LLP  
Applicants' Attorneys

By: Daniel F. Drexler

Daniel F. Drexler  
Registration No. 47,535  
Customer No. 23413

I HEREBY CERTIFY THAT THIS CORRESPONDENCE  
IS BEING DEPOSITED WITH THE UNITED STATES  
POSTAL SERVICE AS FIRST CLASS MAIL IN AN  
ENVELOPE ADDRESSED TO:  
ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

August 1, 2001  
on August 1, 2001  
DATE OF DEPOSIT  
Jennifer Watson  
MAYED OR PRINTED NAME OF PERSON MAILING PAPER OR FEE  
8/1/01  
SIGNATURE DATE

Date: July 31, 2001  
Address: 55 Griffin Road South, Bloomfield, CT 06002  
Telephone: 860-286-2929 Ext. 1165



Translation of Priority Certificate

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: March 30, 2000

Application Number: Patent Application  
No. 2000-094535

Applicant(s): SANYO ELECTRIC CO., LTD.

March 30, 2001

Commissioner, Kozo OIKAWA  
Patent Office

Priority Certificate No. 2001-3025112



日本特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年 3月30日

出願番号  
Application Number:

特願2000-094535

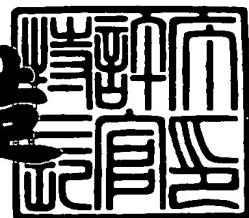
出願人  
Applicant(s):

三洋電機株式会社

2001年 3月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3025112

【書類名】 特許願

【整理番号】 KHB1000009

【提出日】 平成12年 3月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/133

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

【氏名】 森本 佳宏

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

【氏名】 米田 清

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代表者】 近藤 定男

【代理人】

【識別番号】 100111383

【弁理士】

【氏名又は名称】 芝野 正雅

【連絡先】 電話 03-3837-7751 法務・知的財産部 東京事務所

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013033

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904451

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁性基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、該非単結晶半導体膜を加熱処理する工程と、該加熱処理により生じた前記非単結晶半導体膜の突起を物理的除去方法により除去する工程と、を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記加熱処理工程は、レーザ光を照射して溶融再結晶化させる工程であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記物理的除去方法は、イオンミリングのイオンビームを前記突起に対して照射して除去する方法であることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記イオンミリングのイオンビームの入射方向と、前記非単結晶半導体膜面に対する垂線との成す角θが、 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ であることを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 絶縁性基板上に形成した非単結晶半導体膜を加熱処理した際に生じる前記非単結晶半導体膜の突起をイオンビームを照射することにより除去することによって、前記非単結晶半導体膜の表面が平坦であることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、半導体膜の表面を平坦にした半導体装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

以下に、従来の薄膜トランジスタ（Thin Film Transistor、以下、「TFT」と称する。）の製造方法について説明する。

【0003】

図7に多結晶化された多結晶シリコン膜の表面状態を示し、図8に図7中のA-A線に沿った従来の薄膜トランジスタの製造工程断面図を示す。

#### 【0004】

工程1(図8(a))：ガラス、石英ガラス等から成る絶縁性基板10上に、非晶質シリコン膜(以下、「a-Si膜」と称する。)11をCVD法を用いて成膜する。

#### 【0005】

工程2(図8(b))：そのa-Si膜10にXeCl、KrF、ArFなどの線状のエキシマレーザ14を一方から他方に向かって走査しながら照射してアニール処理を行って、a-Si膜12を溶融再結晶化し多結晶化させて多結晶シリコン膜(以下、「p-Si膜」と称する。)13にする。

#### 【0006】

このとき、a-Si膜12の表面にエキシマレーザビーム14を矢印方向に走査しながら照射することによりa-Si膜12が溶融されて再結晶化が進む。即ち、レーザ照射14によって加熱されたa-Si膜12は溶融した後に冷却されて再結晶化されてp-Si膜となる。ところが、その際に各結晶の粒界がぶつかりあってその箇所が隆起して突起100が生じてしまう。

#### 【0007】

工程3(図8(c))：p-Si膜13上に、CVD法にてSiO<sub>2</sub>膜から成るゲート絶縁膜14を全面に形成する。そして、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)などの高融点金属からなる金属膜をスパッタ法を用いて形成し、ホトリソグラフィ技術及びRIE(Reactive Ion Etching：活性化イオンエッティング)法によるドライエッティング技術を用いて所定形状に加工して、ゲート電極15を形成する。

#### 【0008】

そして、Pチャネル型のTFTを形成する場合には、ゲート電極15をマスクとして、ゲート絶縁膜14を介してp-Si膜13に対してボロン(B)等のP型イオンを注入し、Nチャネル型のTFTを形成する場合には、リン(P)等のN型イオンを注入する。これにより、能動層であるp-Si膜13のゲート電極

15で覆われた部分がチャネル領域13cとなり、その両側の部分がソース領域13s及びドレイン領域13dとなる。

#### 【0009】

その後、CVD法を用いてSiO<sub>2</sub>膜単体、又はSiO<sub>2</sub>膜とSiN膜との2層からなる層間絶縁膜16を形成する。

#### 【0010】

工程4(図8(d))：そして、ドレイン領域13dに対応した位置に層間絶縁膜16及びゲート絶縁膜14を貫通する第1のコンタクトホール17をp-Si膜13に到達するように形成し、この第1のコンタクトホール17部分に、アルミニウム等の金属からなるドレイン電極19を形成する。このドレイン電極19の形成は、例えば、第1のコンタクトホール17が形成された層間絶縁膜16上にスパッタリングして堆積するとともに第1のコンタクトホール17に充填したアルミニウムをパターニングすることで形成される。

#### 【0011】

そして、ドレイン電極19が形成された層間絶縁膜16及びドレイン電極19上に平坦化絶縁膜20を形成して表面を平坦化する。この平坦化絶縁膜20は、アクリル樹脂溶液を塗布し、焼成してアクリル樹脂層を形成してなっており、このアクリル樹脂層は、ゲート電極15、ドレイン電極19による凹凸を埋めて表面を平坦化することができる。

#### 【0012】

さらに、ソース領域13s上に平坦化絶縁膜20であるアクリル樹脂層、層間絶縁膜16及びゲート絶縁膜14を貫通する第2のコンタクトホール21を形成し、この第2のコンタクトホール21部分に、ソース13sに接続されてアクリル樹脂層上に広がる表示電極22を形成する。この表示電極22は、第2のコンタクトホール21が形成された平坦化絶縁膜15上に透明導電膜、例えばITO(Indium Thin Oxide:酸化インジウム錫)を積層し、そして、その透明導電膜上にレジスト膜を塗布した後、所定の電極パターンを形成し、エッチングガスとして、HBrガス及びCl<sub>2</sub>を用いてドライエッチング法、例えばRIE法によって露出した透明導電膜をエッチングすることにより形成される。

## 【0013】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところが、上述のように製造したTFTによれば、レーザビーム照射によってa-Si膜が溶融再結晶化される際に、各結晶の粒界がぶつかりあってその箇所が隆起して生じたp-Si膜13表面の突起100の上層に形成したゲート絶縁膜14の厚みが突起100が生じた箇所においては薄くなってしまうことになる。この突起100は、p-Si膜13の厚みが約400Åの場合に、その厚みと同じく約400Åにもなってしまう。このため、p-Si膜13とゲート電極15との間で十分な絶縁をとることができない、あるいは突起100の高さがゲート絶縁膜14の厚みよりも大きい場合にはp-Si膜13とゲート電極15とが短絡してしまうという欠点があった。

## 【0014】

また、突起100には印加された電圧によって電界が集中してしまい、やはり絶縁破壊を起こしてしまい、p-Si膜13とゲート電極15とが短絡してしまうという欠点があった。

## 【0015】

更に、ゲート電極15に印加された電圧のp-Si膜13に対して印加される電圧が絶縁性基板面内でばらつきが生じてしまうことになり、結果として特性の不均一なTFTが形成されてしまうという欠点があった。そのTFTを液晶表示装置等の表示装置に採用した場合には、表示画面内においてばらつきが生じてしまうという欠点もあった。

## 【0016】

そこで、本発明は、上述の欠点に鑑みて為されたものであって、半導体膜に生じる突起を除去してその表面を平坦にし、良好な特性を有する半導体装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

## 【0017】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の半導体装置の製造方法は、絶縁性基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、該非単結晶半導体膜を加熱処理する工程と、該加熱処理により生じた

前記非単結晶半導体膜の突起を物理的除去方法により除去する工程と、を備えたものである。

#### 【0018】

また、上述の半導体装置の製造方法は、前記加熱処理工程は、レーザ光を照射して溶融再結晶化させる工程である半導体装置の製造方法である。

#### 【0019】

また、上述の半導体装置の製造方法は、前記物理的除去方法が、イオンミリングのイオンビームを前記突起に対して照射して除去する方法である半導体装置の製造方法である。

#### 【0020】

更に、前記イオンミリングのイオンビームの入射方向と、前記非単結晶半導体膜面に対する垂線との成す角 $\theta$ が、 $60^\circ \sim 90^\circ$ である半導体装置の製造方法である。

#### 【0021】

また、本発明の半導体装置は、絶縁性基板上に形成した非単結晶半導体膜を加熱処理した際に生じる前記非単結晶半導体膜の突起をイオンビームを照射することにより除去することによって、前記非単結晶半導体膜の表面が平坦である半導体装置である。

#### 【0022】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の半導体装置の製造方法をTFTを備えた液晶表示装置に採用した場合について説明する。

#### 【0023】

図1に、本発明のTFTの製造工程断面図を示し、図2に液晶表示装置の断面図を示す。

#### 【0024】

工程1(図1(a))：ガラス、石英ガラス等から成る絶縁性基板10上に、 $\text{SiO}_2$ 膜単体、あるいは $\text{SiN}$ 膜及び $\text{SiO}_2$ 膜から成る絶縁性膜11をCVD法等を用いて形成する。これは、絶縁性基板からのナトリウム(Na)イオン等

の不純物がその上に形成する半導体膜（p-Si膜）に浸入することを防止するためである。不純物が浸入する恐れがない無アルカリガラス基板等を用いる場合には必ずしも必要ではない。

## 【0025】

また、本発明においては、絶縁性基板は、表面が絶縁性を呈する基板も含むものとする。即ち、半導体基板上にSiN膜及びSiO<sub>2</sub>膜から成る絶縁性膜11を堆積したものであっても良い。

## 【0026】

絶縁膜11上に、a-Si膜12をCVD法を用いて成膜する。そのa-Si膜12の膜厚は、300～1000Åであり、本実施の形態においては400Åとした。

## 【0027】

工程2（図1（b））：そのa-Si膜12に波長が308nmで線状のエキシマレーザを一方から他方に向かって走査しながら照射してアニール処理を行つて、a-Si膜12を溶融再結晶化し多結晶化させて多結晶シリコン膜（以下、「p-Si膜」と称する。）13にする。

## 【0028】

このとき、a-Si膜の表面にエキシマレーザビームを照射することによりa-Si膜が溶融されて再結晶化が進む。即ち、レーザ照射によって加熱されたa-Si膜は溶融した後に冷却されて再結晶化されるが、その際に各結晶の粒界がぶつかりあってその箇所が隆起して突起100が生じてしまう。

## 【0029】

レーザービームとしては、波長λ=308nmのXeClエキシマレーザーを使用してもよく、また、波長λ=193nmのArFエキシマレーザーを使用してもよい。

## 【0030】

工程3（図1（c））：次に、イオンミリング装置からのイオンビーム110を照射してその突起100をエッチングする。

## 【0031】

p-Si膜の突起100をエッチングするために、p-Si膜13の表面に対して角度θの角を成す方向からArイオン照射110をする。

#### 【0032】

工程4(図1(d))：そして、p-Si膜13の表面の突起100を除去して、p-Si膜13表面を平坦にする。

#### 【0033】

工程5(図1(e))：p-Si膜13上に、CVD法にてSiO<sub>2</sub>膜から成るゲート絶縁膜14を全面に形成する。そして、Cr、Moなどの高融点金属からなる金属膜をスパッタ法を用いて形成し、ホトリソグラフィ技術及びRIE法によるドライエッチング技術を用いて所定形状に加工して、ゲート電極15を形成する。

#### 【0034】

そして、ゲート電極15をマスクとして、ゲート絶縁膜14を介してp-Si膜13にP型またはN型のイオンを注入する。即ち、形成すべきTFTのタイプに応じて、ゲート電極15に覆われていないp-Si膜13にP型またはN型のイオンを注入する。

#### 【0035】

Pチャネル型のTFTを形成する場合には、ボロン(B)等のP型イオンを注入し、Nチャネル型のTFTを形成する場合には、リン(P)等のN型イオンを注入する。これにより、能動層であるp-Si膜13のうちゲート電極15で覆われた部分がチャネル領域13cとなり、その両側の部分がソース領域13s及びドレイン領域13dとなる。

#### 【0036】

その後、CVD法を用いて、SiO<sub>2</sub>膜単体、又はSiO<sub>2</sub>膜とSiN膜との2層からなる層間絶縁膜16を形成する。

#### 【0037】

そして、ドレイン領域13dに対応した位置に層間絶縁膜16を貫通する第1のコンタクトホール17をp-Si膜13に到達するように形成し、この第1のコンタクトホール17部分に、アルミニウム等の金属からなるドレイン電極19

を形成する。このドレイン電極19の形成は、例えば、第1のコンタクトホール17が形成された層間絶縁膜16上にスパッタリングして堆積するとともに第1のコンタクトホール17に充填したアルミニウムをパターニングすることで形成される。

#### 【0038】

次いで、ドレイン電極19が形成された層間絶縁膜16及びドレイン電極19上に平坦化絶縁膜20を形成して表面を平坦化する。この平坦化絶縁膜20は、アクリル樹脂溶液を塗布し、焼成してアクリル樹脂層を形成してなっており、このアクリル樹脂層は、ゲート電極15、ドレイン電極19による凹凸を埋めて表面を平坦化することができる。

#### 【0039】

さらに、ソース領域13s上に平坦化絶縁膜20であるアクリル樹脂層、層間絶縁膜16及びゲート絶縁膜14を貫通する第2のコンタクトホール21を形成し、この第2のコンタクトホール21部分に、ソース領域13sに接続されてアクリル樹脂層上に広がる表示電極22を形成する。この表示電極22は、第2のコンタクトホール21が形成された平坦化絶縁膜20上に透明導電膜、例えばITOを積層し、そして、その透明導電膜上にレジスト膜を塗布した後、所定の電極パターンを形成し、エッチングガスとしてHBrガス及びCl<sub>2</sub>ガス用いてドライエッティング法、例えばRIE法によって露出した透明導電膜をエッチングすることにより形成される。

#### 【0040】

そして、表示電極22及び平坦化絶縁膜20上に、ポリイミド、SiO<sub>2</sub>等からなり、液晶24を配向させる配向膜23を、印刷法またはスピナーフラッシュにて形成する。

#### 【0041】

こうして、液晶を駆動させるTFTをスイッチング素子とした液晶表示装置の片側のTFT基板10が完成する。

#### 【0042】

次に、石英ガラスまたは無アルカリガラスからなる絶縁基板である対向電極基

板30上に、この基板30側から順にITO膜等の透明導電膜からなる対向電極31を基板全面に形成した後、その上に液晶24を配向するためのポリイミド、SiO<sub>2</sub>等からなる配向膜32を形成する。

#### 【0043】

こうして、上述のTFT基板10に対向して対向電極基板30を設け、TFT基板10と対向電極基板30との間であってそれらの周辺に、接着性を有する樹脂からなるシール剤を用いて両基板10, 30を接着し、両基板間10, 30に液晶24を充填して、図2に示すような液晶表示装置が完成する。

#### 【0044】

ここで、p-Si膜13表面に生じた突起100を除去するイオンミリング装置の原理について説明する。

#### 【0045】

図3に、イオンミリング装置の概略断面図を示す。

#### 【0046】

同図に示すように、イオンミリング装置は、イオンを発生させるイオン発生源領域ISと、被照射物にイオンを照射して被エッチング物のエッティングを行うエッティングチャンバ領域ECとから成っている。いずれの領域ともに真空中にしてありその真圧度は1E(-6) Torrである。

#### 【0047】

一方のイオン発生源領域ISには、マグネットによってイオン化されるガス、例えばアルゴン(Ar)ガスを供給するガス供給口210と、そのガスをプラズマ化するための磁界を発生させるマグネット230が周りに配置された円筒形状のアノード231と、熱電子を放出するフィラメントからなるカソード240とを備えている。また、発生されたプラズマ中からArイオンを引き出す引き出し電極250を備えている。

#### 【0048】

他方のエッティングチャンバ領域ECは、引き出し電極250によって引き出されたArイオンを中性化するための電子を放出するニュートラライザ260を備えている。また、被エッティング物を固定するステージ290が備えられている。

排気口300より排気される。

#### 【0049】

ステージ290には被エッティング物であるp-Si膜280を全面に形成したガラス基板270が固定しており、ステージ290は所定の速度で回転される。回転させることによりガラス基板270上のp-Si膜280に均一にAr原子が照射110されるようにしている。また、イオン源発生領域ISから照射されるAr原子の入射方向は、ステージ270表面の垂線から角度θだけ傾いている。即ち、p-Si膜280面に対して角度( $\pi/2 - \theta$ )を成す方向からp-Si膜280にAr原子が入射される。こうして、p-Si膜280に発生した突起100に対して一定の角度θからAr原子260が照射されるように配置されて、突起100がエッティングされる。この角度θは、ステージ290の固定角度を調整することにより、任意に変えることが可能である。

#### 【0050】

上述のイオンミリング装置において、イオン発生源領域IS及びエッティングチャンバ領域EC内を拡散ポンプ等により真空にする。そしてガス供給口210からArガスをイオン発生源領域IS内に供給し、アノード電極231、マグネット230及びカソード240に電圧を印加して、Arガスをプラズマ化する。そのプラズマ中のArイオンをエッティングチャンバ領域ECに引き出すために、引き出し電極250に約800Vの電圧を印加してArイオンを引き出す。そしてこの引き出されたArイオンにニュートラライザ260からの電子を供給して、Arイオンに電子を結合させてAr原子とする。そして、そのAr原子110をステージ290に固定されたガラス基板270上のp-Si膜280に衝突させる。このAr原子260がp-Si膜280表面に発生した突起100に衝突して除去させる。

#### 【0051】

ここで、突起100のAr原子によるエッティングについて説明する。

#### 【0052】

図4に、各形状の突起に対してAr原子を照射してエッティングする様子を示す。

## 【0053】

図4 (a) には円錐状の突起の場合を、図4 (b) には円錐形状の複数個連続した突起の場合を、図4 (c) には長方形の形状をした突起の場合を示す。

## 【0054】

まず、図4 (a) に示す円錐形状の突起の場合について説明する。

## 【0055】

ここで、突起100はp-Si膜280の表面に対して角度 $\alpha$ の仰角をもってなっているとし、また、Ar原子110は、p-Si膜13表面に対して垂直な垂線VL1から角度 $\theta$ だけ傾いた方向から入射すると仮定する。

## 【0056】

すると、円錐形状の突起100の斜面に対して垂直な垂線VL2から角度( $\theta-\alpha$ )だけ傾いた方向からAr原子が入射することになる。斜面ではあるが、面に対して言えば、p-Si表面の平面に入射されることになる。

## 【0057】

このとき、p-Si膜280を形成したガラス基板10は、ステージ290に固定されており、ステージとともに回転しているのでp-Si膜280の全面に均一にAr原子が照射されることになる。従って、このAr原子が次々とp-Si膜13の突起部の斜面及びそれ以外の平坦部に照射されることにより、突起部以外の平坦部よりも突起100aが速くエッチングされていき、次第に突起100b、突起100cへと形状が小さくなつて突起を除去することができる。従つて、表面の平坦なp-Si膜13を得ることができる。

## 【0058】

次に、円錐形状の複数個連続した突起の場合について説明する。

## 【0059】

図4 (a) に示した突起の除去と同様に、突起100はp-Si膜13の表面に対して角度 $\alpha$ の仰角をもってなっているとし、また、Ar原子110は、p-Si膜13表面に対して垂直な垂線VL1から角度 $\theta$ だけ傾いた方向から入射すると、円錐形状の突起100の斜面に対して垂直な垂線VL2から角度( $\theta-\alpha$ )だけ傾いた方向からAr原子が入射することになる。そして、100a、10

0 b、100 cの順に突起がエッティングされていき、表面を平坦にすることができる。

## 【0060】

次に、図4(c)に示す円柱の形状をした突起の場合について説明する。

## 【0061】

同図において、突起100はp-Si膜13の表面に対して垂直に突起しているものとし、またAr原子110は、p-Si膜13の突起100の表面に対して垂直な垂線VL1から角度 $\theta$ だけ傾いた方向から入射されるものとする。

## 【0062】

そうすると、p-Si膜13上面に対して垂直な側面VSに対しては、Ar原子110は、その側面VSに対して垂直な垂線VL2に対して角度( $(\pi/2) - \theta$ )だけ傾いた方向から入射することになる。側面VSもその面は平坦な表面であると言える。

## 【0063】

こうして、このAr原子が次々とp-Si膜13に照射されることにより、この突起の上面よりも側面VSのほうがエッティングされながら突起100aから次第にエッティングされていき、突起100b、突起100cへと形状が小さくなつて突起を除去することができる。従って、表面の平坦なp-Si膜13を得ることができる。

## 【0064】

ここで、p-Si膜にAr原子を照射した場合のAr原子の照射角度とp-Si膜のエッティングレートとの関係について説明する。

## 【0065】

図5に、平坦な表面のp-Si膜にAr原子を照射した場合のAr原子の照射角度とp-Si膜のエッティングレートとの関係を示す。なお、同図において、横軸は照射されるAr原子のp-Si膜面の垂線からの角度を示し、縦軸にそのAr原子によってエッティングされるp-Si膜のエッティングレートを示す。

## 【0066】

同図に示すように、Ar原子(Arイオンビーム)入射方向によってシリコン

のエッティングレートは異なる。なお、同図は、Ar原子のビームエネルギーは500 eV、Ar原子の電流密度は $1.4 \text{ mA/cm}^2$ の場合を示している。

#### 【0067】

エッティングレートは、Ar原子入射角度 $\theta$ が $0^\circ$ から大きくなるにつれて徐々になだらかに上昇し、 $60^\circ$ で最大となり、 $60^\circ$ から $90^\circ$ 近傍にかけては急激に減少する。

#### 【0068】

前述の図4(a)に示した円錐形状の突起の場合について、再度説明する。突起をイオンビームを照射して除去する場合、突起部のエッティングレートは大きく、平坦な部分のエッティングレートは小さいことが好ましい。即ち、図4(a)に示す円錐形状の場合においても、突起部 $100\text{a}$ は早くエッティングされ、また平坦な部分はエッティングされにくいことが好ましい。

#### 【0069】

ここで、例えば、イオンビームの入射角度 $\theta$ が $88^\circ$ で、円錐形状の突起のp-Si膜13の表面に対する角度 $\alpha$ が $60^\circ$ の場合を考える。

#### 【0070】

即ち図4(a)において垂線VL1からの角度 $\theta$ が $88^\circ$ であり、その方向からイオンビームが入射してp-Si膜280の平坦な部分に照射される。また、p-Si膜280の表面（このとき円錐形状の側面は斜面であるが、その斜面自体は平坦な部分である。）に対する垂線VL2からの角度（ $\theta - \alpha$ ）は $28^\circ$ （ $= 88^\circ - 60^\circ$ ）である。この場合を図5で見ると、平坦な表面のp-Si膜に照射したときに、入射角度が $88^\circ$ の場合にはエッティングレートは約 $100\text{\AA/min}$ であり、入射角度が $28^\circ$ の場合にはエッティングレートは約 $600\text{\AA/min}$ である。即ち、平坦な部分のエッティングレート（約 $100\text{\AA/min}$ ）に対して突起部のエッティングレート（約 $600\text{\AA/min}$ ）があるので、突起部分は平坦な部分に比べて約6倍のエッティングレートでエッティングされていくため、平坦部が多くエッティングされてしまうことなく、突起部のエッティングが完了することになる。

#### 【0071】

なお、図4に示した他の突起の形状の場合においても同様に、平坦部のエッチングレートに比べて、突起部のエッティングレートが大きくなるようにイオンビームの入射角度を選択することにより、平坦部分がエッティングされてしまうことなく効率よく突起部をエッティングすることができる。

#### 【0072】

また、図6に、p-Si膜にAr原子を照射した後のp-Si膜上の突起の状態の一例を示す。同図において、横軸は基板の表面の垂線からの角度を示し、縦軸はAr原子照射後のp-Si膜上の突起の平均高さを示している。なお、突起の平均高さは400Åの場合を示しており、形状は概ね図6中に示した円錐形状をしている場合である。

#### 【0073】

同図に示すように、入射角度が大きくなるにつれて突起の高さは低くなる、即ち除去されてp-Si膜の表面が平坦に成ってくることがわかる。

#### 【0074】

ここで、能動層であるp-Si膜の突起は、その上に形成する絶縁膜を突き抜けてしまうと絶縁性が得られないどころか、その絶縁膜上の導電層とショートしてしまうことになるので、高くないことが望ましい。p-Si膜の突起の残りとしては、概ね絶縁性を保持できる程度の厚みであればよい。

#### 【0075】

以上のことから、突起残りが250Åであれば良いことから入射角度が60°であれば良い。また、突起残りが200Åであれば更に好ましいことから入射角度が70°であれば良い。更に好ましくは突起残りが150Åであれば更に好ましいことから入射角度が80°であれば良い。

#### 【0076】

以上のように、p-Si膜の表面に生じた突起をイオンミリング法によってイオンビームを照射して表面を平坦にすることにより、p-Si膜13とゲート電極15との間で十分な絶縁をとることができるとともに、突起100の高さがゲート絶縁膜14の厚みよりも大きい場合にも、研磨によって平坦にすることによりp-Si膜13とゲート電極15とが短絡してしまうことがない。

## 【0077】

また、突起100には印加された電圧によって電界が集中してしまうこともない。

## 【0078】

更に、ゲート電極15に印加された電圧のp-Si膜13に対して印加される電圧が絶縁性基板面内ではらつきが生じて、結果として特性の不均一なTFTが形成されてしまうこともない。そしてそのTFTを液晶表示装置等の表示装置に採用した場合にも、表示画面内においてはらつきが生じてしまうこともない。

## 【0079】

なお、本発明は、ステージ290に固定したガラス基板270は、上述の実施の形態に示したように1つの液晶表示パネルをなすガラス基板を固定することに限定されるものではなく、1枚のガラス基板に多数の液晶表示パネルを備えたいわゆるマザーガラス基板であっても同様の効果が得られるものである。

## 【0080】

## 【発明の効果】

本発明によれば、イオンミリング法を用いて効率よくp-Si膜の表面に発生する突起を除去して平坦な表面にすることができるので、良好な特性の半導体装置を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の半導体装置の製造方法の製造工程断面図である。

## 【図2】

本発明の半導体装置を液晶表示装置に採用した場合の断面図である。

## 【図3】

本発明の半導体装置の製造方法に用いるイオンミリング装置の断面図である。

## 【図4】

本発明の半導体装置の製造方法のエッチング工程断面図である。

## 【図5】

本発明のイオンビーム入射角度とエッティングレートとの関係を示す特性図である

【図6】

本発明のイオンビーム入射角度と平坦化後の突起の高さとの関係を示す図である。

【図7】

従来の半導体装置の表面状態を示す図である。

【図8】

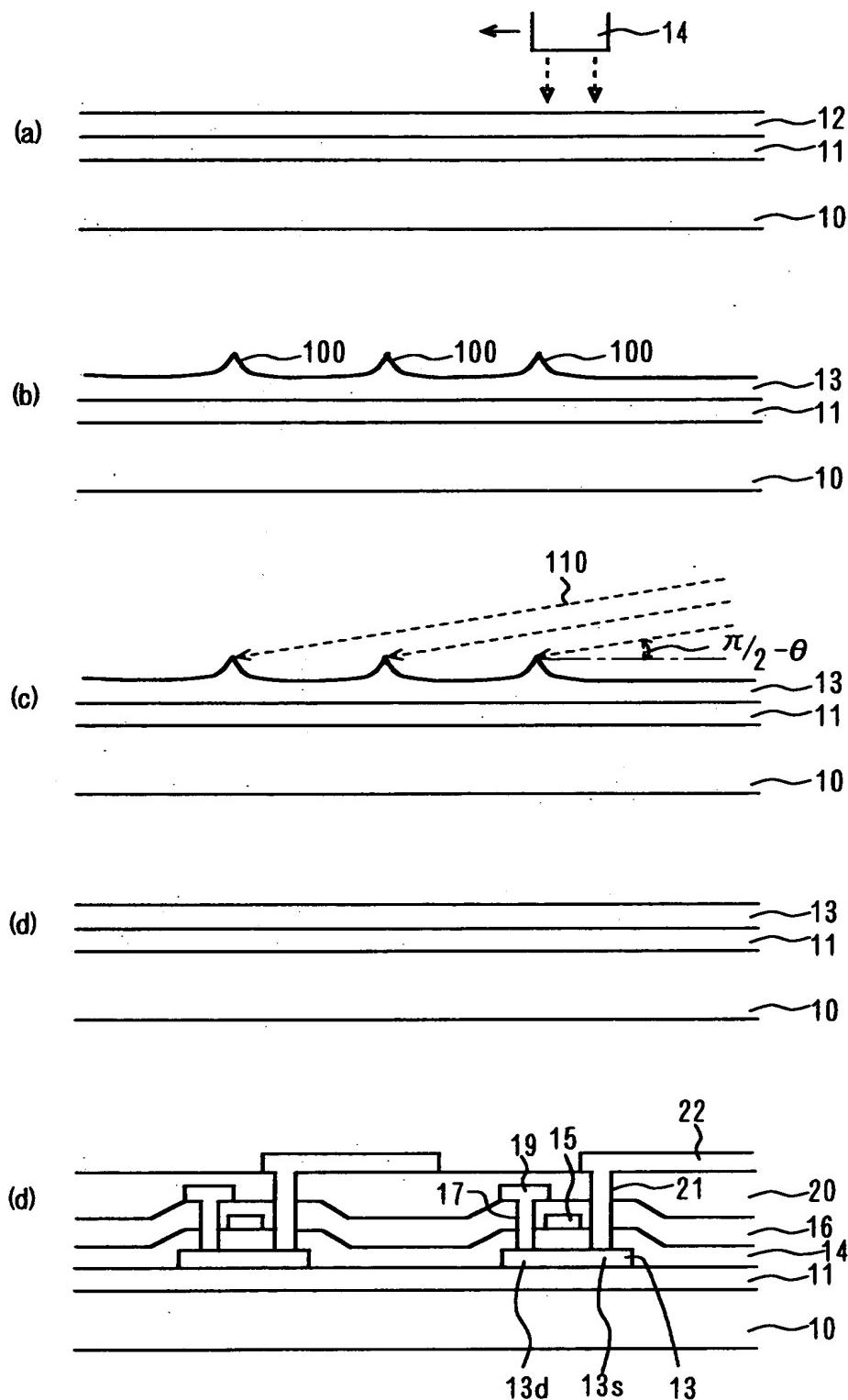
従来の半導体装置の製造方法の製造工程断面図である。

【符号の説明】

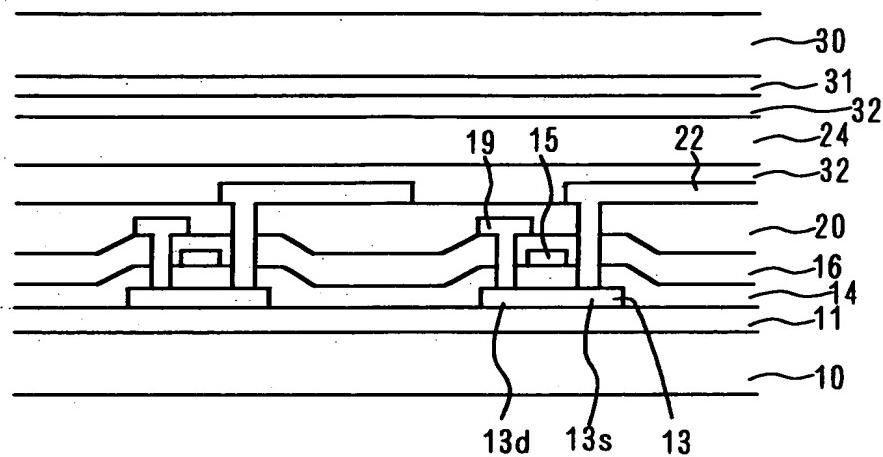
1 0	基板
1 2	a-Si膜
1 3	p-Si膜
1 4	レーザー光照射
1 0 0	突起
1 1 0	イオンビーム

【書類名】 図面

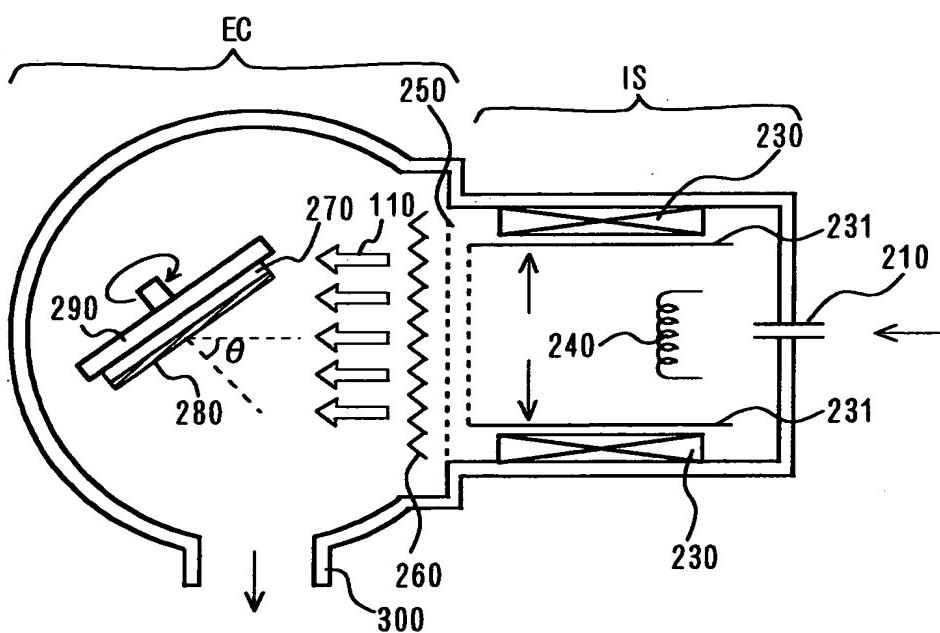
【図1】



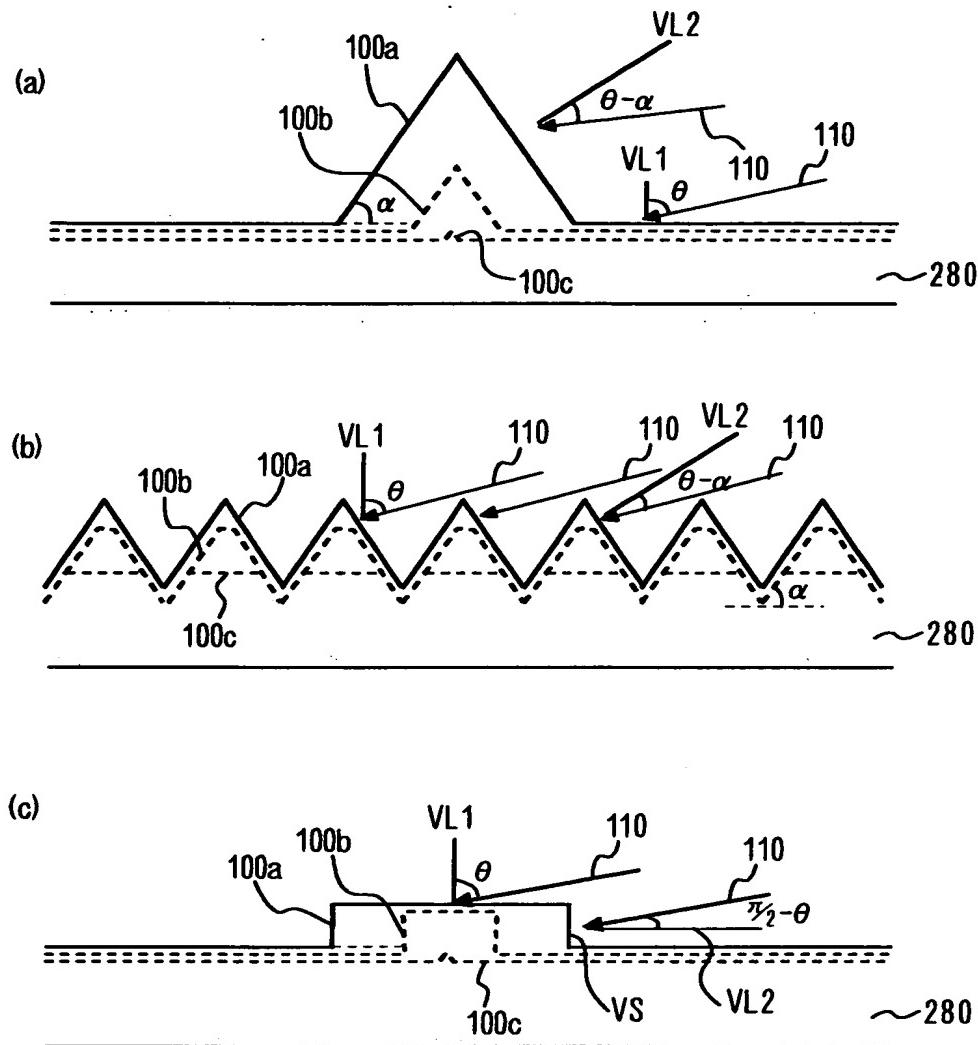
【図2】



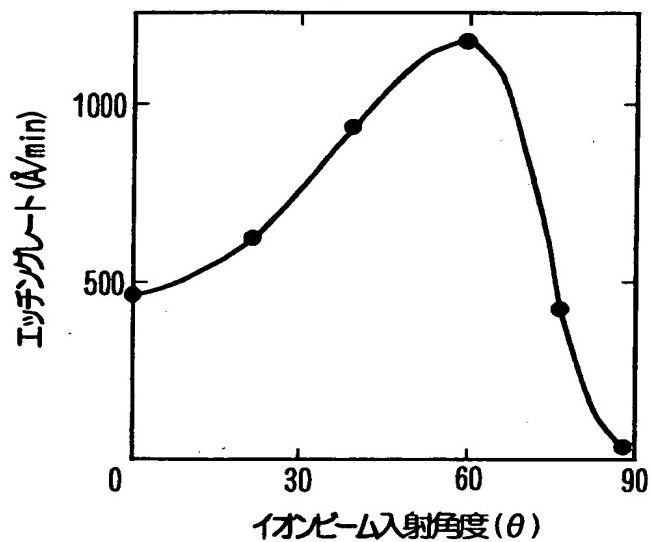
【図3】



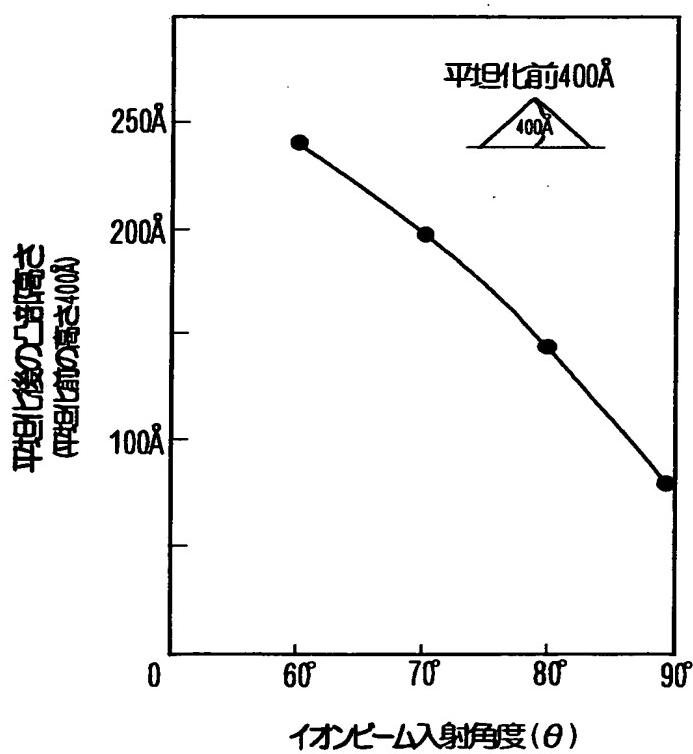
【図4】



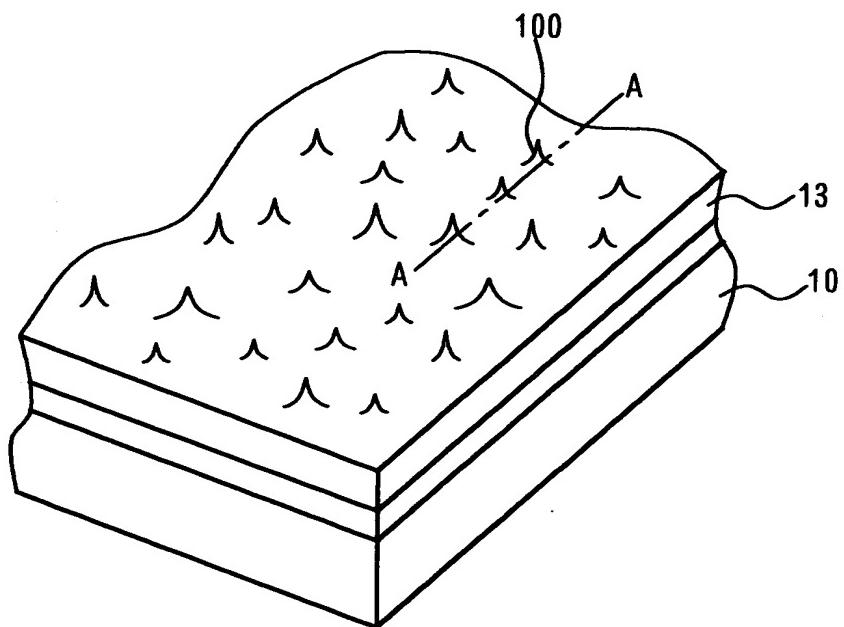
【図5】



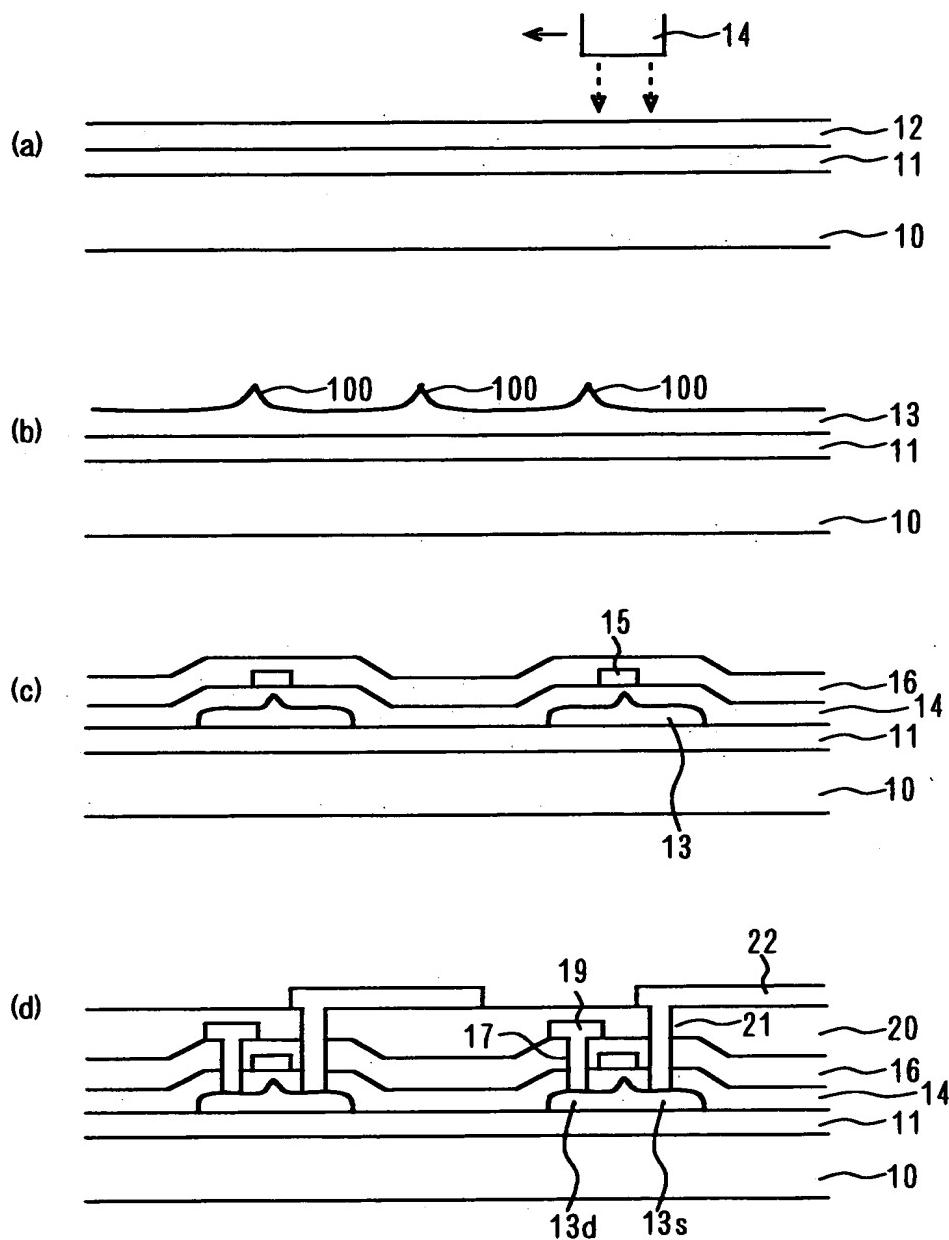
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体膜に生じる突起を除去してその表面を平坦にし、良好な特性を有する半導体装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 絶縁性基板10上に、a-Si膜12を成膜し、そのa-Si膜12にレーザー光14を照射して溶融再結晶化してp-Si膜13にした際に生じる突起100に対して、イオンミリング法によるイオンビームを入射角度60°～90°で照射することにより、その突起100を除去してしまい、p-Si膜13の表面を平坦にすることにより、p-Si膜13とゲート電極15との間で十分な絶縁をとることができる。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日 1993年10月20日

[変更理由] 住所変更

住 所 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

氏 名 三洋電機株式会社